植 物 分 类 学 报 31 (5): 413—421 (1993)
Acta Phytotaxonomica Sinica

# 中国阿魏属的细胞分类学研究 *

刘启新 佘孟兰 陈晓亚

(江苏省植物研究所，南京 210014) (南京大学生物系，南京 210008)

# CYTOTAXONOMY OF *FERULA* L.IN CHINA

LIU QI-XIN SHEH MENG-LAN CHEN XIAO-YA

(*Jiangsu Institute of Botany, Nanjing, 210014*) (*Department of Biology, Nanjing University, Nanjing, 210008*)

**Abstract** The karyotypes of somatic cells of three species in *Ferula* L. (Umbelliferae) from China are reported for the first time in this paper. *F. licentiana* Hand. -Mazz., endemic to China, has the karyotype formula of 2n=22=14m+2sm+6st( 2SAT), which consists of nine pairs of L chromosomes (the relative length >8.0) and two pairs of M chromosomes (the relative length, 8.0—6.0). The index of the karyotypic asymmetry (AS. K%) is 36.36%, and the karyotype belongs to 2A (Stebbins 1971). *F. licentiana* var. *tunshanica* (Su) Shan et Q. X. Liu has the karyotypic formula of 2n=22=14m+8st(2SAT), and the other characters of karyotype are very similar to those of *F. licentiana*. The karyotypic formula of *F. bungeana* Kitag. is 2n=22=12m+6sm+2st. There are 8 pairs of L chromosomes and 3 pairs of M chromosomes in this karyotype. The AS.K% is 45.45% and thus the karyotype is rather symmetrical (2A).

Based on above data, *F.licentiana* var. *tunshanica* may be treated as a variety of *F.licentiana* and *F.bungeana* be separated from Subgen. *Peucedanoides*. According to our study and available data, we consider that the basic chromosome number of *Ferula* is x=11. The karyotypic evolution of 11 species in the genus from China is analysed.

All species are grouped into 5 groups based on the cluster analysis of chromosome data: I. *F. akitschensis* B. Fedtsch. ex K. -Pol.; II. *F. lapidosa* Korov., III. *F. bungeana*. The above-mentioned three species belong to Subgen.

* 国家自然科学基金资助项目。
本文承蒙秦慧贞研究员审阅初稿，吴竹君和惠红同志给予帮助，特此一并致谢。
1991-08-24 收稿。

*Peucedanoides* in classification. IV. This group is divided into two subgroups: (1) *F. syreitschikowii* K.－Pol. and *F. ovina* (Boiss.) Boiss.; (2) *F. lehmannii* Boiss., *F. licentiana*, *F. licentiana* var. *tunshanica*, *F. Kirialovii* Pimen. and *F. sumbul* (Kauffm.)Hook. f., in which *F. lehmannii* belongs to Subgen. *Merwia*, *F. syteritschikowii* to Subgen. *Narthex* and the rest five species to Subgen. *Peucedanoides*. V. *F. caspica* M. Bieb. of Subgen. *Doromatoides*.

**Key words** Umbelliferae; *Ferula*; Karyotype; Cytotaxonomy

**摘要** 本文首次报道和分析了阿魏属 *Ferula* L. 分布区东缘3个种的染色体数目和核型。太行阿魏 *F. licentiana* Hand.－Mazz.的核型公式为 $2n=22=14m+2sm+6st$ (2sat)，铜山阿魏 *F. licentiana* Hand.－Mazz. var. *tunshanica* (Su) Shan et Q. X. Liu 的核型公式为 $2n=22=14m+8st$ (2sat)，硬阿魏 *F. bungeana* Kitag.的核型公式为 $2n=22=12m+6sm+2st$。它们的核型都属2A型. 在此基础上从染色体角度进一步论证了铜山阿魏作为太行阿魏的变种和硬阿魏从近前胡亚属 Subgen. *Peucedanoides* (Boiss. )Korov. 中分出的合理性. 根据已有资料，提出该属的染色体基数为 X=11，基本核型公式为 $2n=22=14m+4sm+4st$。本属核型对称性偏高，核型变异性较小，与该属的自然性和稳定性以及该属的分类地位的合理性和可靠性相吻合。本文还分析了国产阿魏属内各种类的核型，进化程度，并对它们进行了细胞分类处理，对于出现与经典分类不一致的原因进行了讨论。

**关键词** 伞形科；阿魏属；核型；细胞分类学

阿魏属 *Ferula* L.隶属于伞形科 *Umbelliferae*，全世界共有150余种。我国约有26种，主要分布于新疆。有关该属的研究，国内外学者曾作过多方面的工作（沈观冕等1975；陈晓亚等1989；刘启新等1987；Korovin 1947；Borisov et al. 1977；Safina et al. 1984）。已知该属查明染色体数目的种类有60余种，其中30余种具核型资料，主要见于国外报道(Soloviova et al.，1982；Turkov et al.，1978)，国内只报道过硬阿魏和新疆阿魏2种的染色体数目(单人骅等，1981；潘泽惠等，1981，1985)。

本文对分布于阿魏属分布区东缘的3种阿魏进行了核型分析，并将已有核型报道的我国11种阿魏进行细胞分类，为该属的系统分类和种间亲缘关系探讨，提供新的证据.

## 一、方 法

成熟种子经沙藏萌发，剪取根尖，用0.1%秋水仙素室温下前处理12小时，卡诺尔液固定24小时，水洗后于60℃条件下0.1mol/L盐酸中解离4—6分钟，用改良石碳酸品红液染色压片。

染色体长度测量，是将一定放大倍数(×2500)的照片直接放在具标尺的解剖镜下测量，求出染色体绝对长度(单位：$\mu$m)。

同源染色体识别配对，参考 Ahmad et al. (1983)和林琳等(1990)的直角坐标系散点图法. 首先算出每个细胞随机编号的单条染色体的相对长度(包括长、短臂)和臂比，并以此建立 x—y 二维直角坐标系，作出染色体的平面散点图，然后按择近原则进行两两配对，再分别求出每个细胞的同源染色体的平均长度和平均臂比。

染色体的统计处理，利用卡方($x^2$)对同一种植物不同细胞来源(共5个)的染色体进

行同质性检验，将无显著差异的具良好同质性细胞的染色体，转换成直角坐标系散点图(相对长度为 Y 轴，臂比为 X 轴，图 1)，再进行择近归类，求出各非同源染色体的平均相对长度和平均臂比以及它们的标准差。

核型分析参照李懋学等(1985)，Levan(1964)和 Stebbins (1971)的标准进行。凭证标本保存于本所标本室(JSBI)

## 二、材料结果与讨论

1. 太行阿魏 *F. licentiana* Hand. – Mazz.　实验材料取自模式产地太行山区(山西壶关树掌)。其体细胞染色体数目 2n = 22，核型公式为 2n = 22 = 14m + 2sm + 6st (2sat)(图版 1:C,F)，单倍核型模式图见图 1:A。本种最长与最短染色体的比值(L/S)为 1.57，臂比值大于 2 (R.A > 2)的染色体所占的百分比为 36.36%，核型不对称性属 2A 型。该种染色体只有大中型，缺乏小型，其中大型(L，相对长度 > 8.0)有 18 条，中型(M，相对长度 8.0 — 6.0)只有 4 条(傅承新等 1990)。随体位于一对 st 型染色体短臂上。本种核型为首次报道。

2. 铜山阿魏 *F. licentiana* Hand. – Mazz. var. *tunshanica* (Su) Shan et Q. X. Liu　实验材料取自山东济南(图版 1: B, E 和图 1: B)。本种除了核型公式为 2n = 22 = 14m + 8st (2sat)和 L/S = 1.37 以外，其余染色体特征与太行阿魏的相似。作者曾经从植株形态、地理分布、解剖学、孢粉学以及黄酮体成分等方面对铜山阿魏的分类地位作过研究，认为该种应作为太行阿魏的变种(刘启新等 1987; 陈晓亚等 1989)。本文从核型分析的结果来看，也得出同样的结论。虽然铜山阿魏的核型公式中有 1 对 st 型染色体(臂比为 3.97)与太行阿魏的 1 对 sm 型染色体(臂比为 2.93)有差异，但是这二者的臂比都十分接近划分 st 和 sm 等级界线 3.00，实际的差距是较小的，此外，其它差异也甚小。因此，可以认为铜山阿魏与太行阿魏合并是合理的。本种核型为首次报道.

3. 硬阿魏 *F. bungeana* Kitag.　实验材料取自内蒙古伊克昭盟伊金霍洛旗。体细胞染色体数目为 2n = 22(图版 1:A,D)，核型公式为 2n = 22 = 12m + 6sm + 4st，单倍核型模式图见图 1:C。L/S = 1.61，R.A > 2 的染色体占 45.45%，亦属 2A 型。本种染色体中 L 型有 16 条，M 型有 6 条，未见随体。该种核型为首次报道。

硬阿魏的核型公式中 m 型染色体只有 6 对，这在阿魏属中是极少见的，已知与 *F. assa-foetida* L. 的核型相似(2n = 22 = 12m + 4sm + 6st，Turkov et al.，1978)，而后者是该亚属 Subgen. *Scrodosme* (Bge.) Drude 中仅有的成员，在分类上具有特殊的地位，由此可见硬阿魏独特之处。作者曾根据黄酮体成分以及它的生态习性，果实结构和植物体形态等特征，将其从近前胡亚属 subgen. *Peucedanoides* 中移出，置于巨茴亚属 Subgen. *Narthex* (Falc.) Drude 中(陈晓亚等，1989)。由于硬阿魏在核型方面与近前胡亚属成员相差甚远，从细胞学角度也说明该种应从本亚属中分出。至于分出后的硬阿魏是否该并入巨茴亚属，尚待更多的确实证据。

4. 阿魏属的染色体基数　根据我们观察的结果和已有的资料，阿魏属的体细胞染色体数目恒定于 2n = 22，这一数字与阿魏亚族乃至前胡族成员的相同，因此，我们认为该属染色体的基数应为 x = 11。在伞形科中，染色体基数为 11 的属往往比基数为 8

Relative length

13 12 11 10 9 8 7

μm 6 4 2 0 2 4 6 8

1 3 5 7 9 11

idiogram

1 2 3 4 5 6 10 9 7 8 11

m sm st

1 1.7 2 3 4 5

Arm ratio

Fig1 A

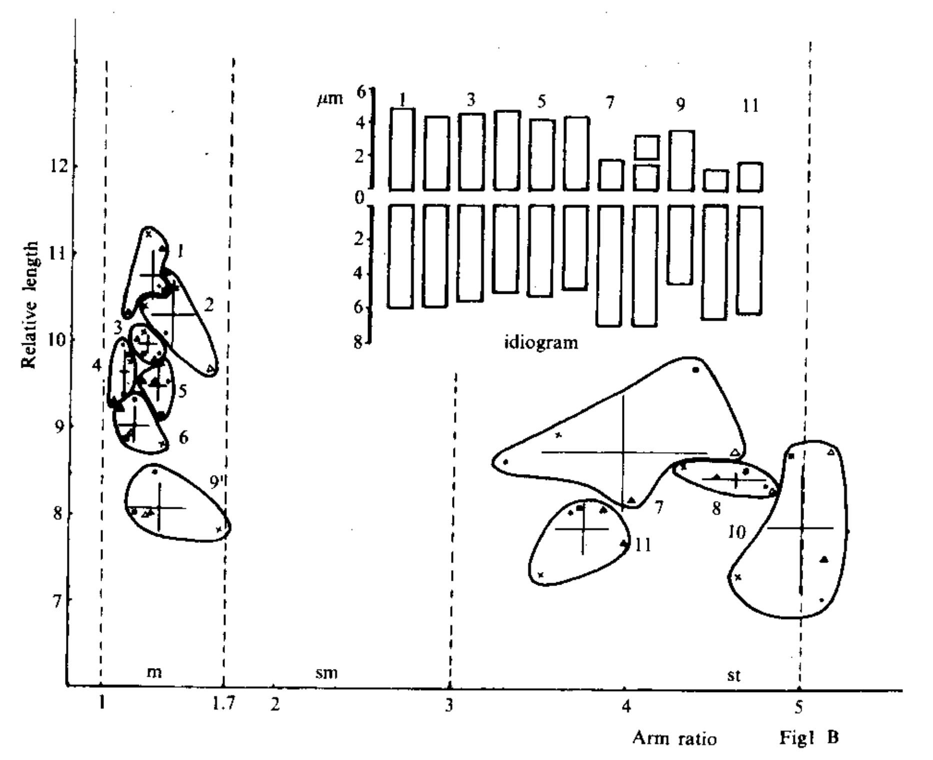



Fig1 B

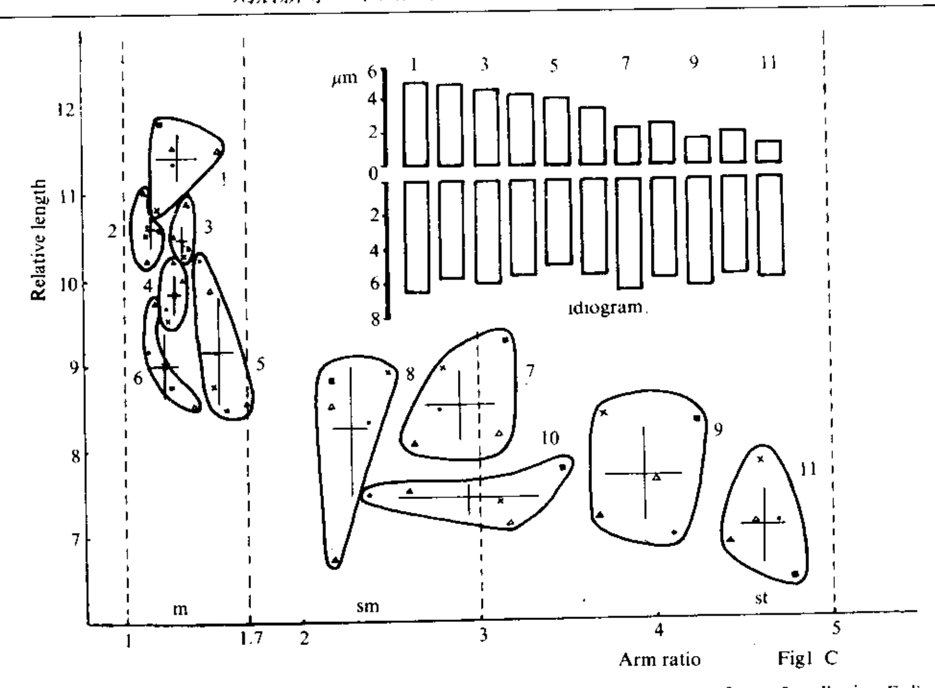



Fig. 1 Scatter diagrams and idiograms of the haploid chromosome parameters from 5 cells in *F. licentiana* (A), *F. licentiana* var. *tunshanica* (B) and *F. bungeana* (C) The five symbols represent five cells. The crosses in the circles represent the group mean and standard deviation for chromosome length and arm ratio.

或 9 的属进化。阿魏属在伞形科经典分类中恰恰位于较进化的芹亚科前胡族，染色体基数也与它所处的分类地位相吻合。另外，至今为止，该属中既没有发现多倍体，也没有发现非整倍性变异，说明该属染色体具有较大的保守性，也表明其分类地位的稳定性和自然性。

5. 阿魏属的染色体形态和核型　阿魏属各种类的核型公式中以 m 型具中部着丝点染色体为主体，除少数种类如 *F. bungeana*、*F. assa-foetida* 和 *F. undulata* M. Pimen. et J. Barrniva (2n = 22 = 16m + 6sm)外，均具 7 对 m 类型染色体，并且缺乏 t 型(具端部着丝点)染色体。从我们的观察结果和已报道的核型来看，这点是显而易见的。据此作者提出阿魏属的基本核型公式:2n = 22 = 14m + 4sm + 4st。该属不同种类的核型无一不是围绕这一基本核型模式变化，并且变化较大的部分常常表现于 sm 和 st 类型及其比例上。

本属染色体长度相对一致，均属于大中型，相对长度为 6.5 — 12.0，大型(L)染色体占绝对优势(8 — 10 对)，中型(M)染色体只占很小的比例(1 — 3 对)。该属的 L/S 均小于 2(1.36 — 1.87)，R.A > 2 的染色体所占比例为(18.18)27.27 — 36.36(45.45)，均属 2A 型。因此本属的核型对称性较高。

6. 国产阿魏属植物的细胞分类学　根据阿魏属核型及染色体的形态特征，对我国阿魏属 11 个种，包括本文 3 种和已有核型报道的分布于新疆的另外 8 个种 (Soloviova et al. 1982)进行细胞分类学研究。本文将原有资料重新处理后用于分类，它们分别代表我国的所有 4 个亚属。其分类采用两种方法，一种是仅仅利用染色体类型

直接进行划分，11种植物拥有5种核型公式，据此将它们分成5类(见 Table 1:A)；另一种是依据所有染色体性状特征进行聚类分析，分类单元和性状状态见表2，用WPGA法运算归类，建立树系图(见 Table 1:C)。

从树系图中可以看出分类群聚类有两次结合飞跃，第一个结合飞跃位于3.2 — 5.8，第二个结合飞跃位于1.8 — 3.2。依据第一个结合飞跃建立的聚类，过于松散，与实际出入较大，因此，我们将划分分类群的结合线选在第二个结合飞跃上，结合水平为2.5。根据核型特征、植物形态和地理分布，结合聚类分析的结果，我们将它们分成5个类群：

类群I，仅一种，即山地阿魏 *F. akitschckensis* B. Fedtsch. ex K. - Pol.，分布于新疆北部的阿拉套山、准噶尔西部山地和阿尔泰山的山地。为高大草本，根圆锥形、粗壮，叶片质薄、早凋落；它的核型中具有较高比例的sm型染色体(3对)。

Table 1 The three classificatory schemes based on different methods for *Ferula* in China

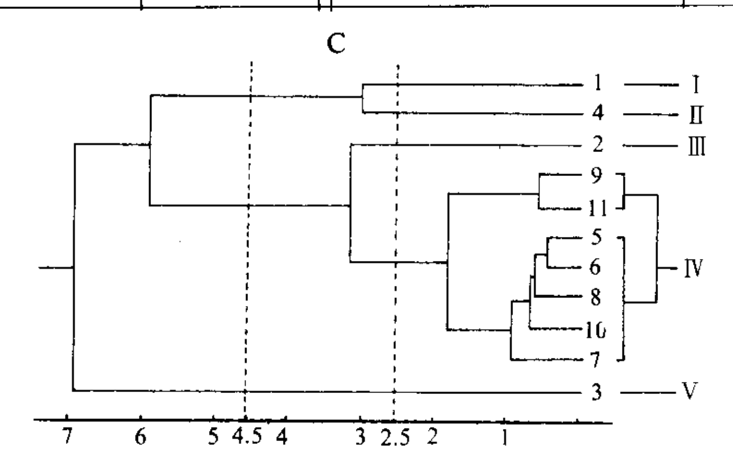
A

| Types | Karyotypes | | | Species |
|---|---|---|---|---|
| | M | sm | st | |
| I | 6 | 3 | 2 | 2 |
| II | 7 | 3 | 1 | 1,3,9 |
| III | 7 | 4 | 0 | 4,11 |
| IV | 7 | 0 | 4 | 7,8 |
| V | 7 | 1 | 3 | 5,6,10 |

B

| Taxonomical system | Species |
|---|---|
| Subgen. I *Narthex* | 11 |
| Subgen. II *Merwia* | 5 |
| Subgen. III *Peucedanoides* | |
| Sect. Xeronarthex | 2,4,9 |
| Sect. Macrorrhiza | 1,6,7,8,10 |
| Subgen. IV *Dorematoides* | 3 |

C




A. table based on different karyotypes.

B. taxonomical system of *Ferula* based on charaters of the gross morphology and geographical distribution.

C. dendrogram of cluster analysis based on all charaters of chromosomes (similarity coefficients are indicated by the figures along the axis).

No. 1 — 11. representing respectively 11 species of *Ferula* (see table 2).

类群II，仅一种，即多石阿魏 *F. lapidosa* Korov. 分布于天山山脉。植株较矮，全株被短硬毛，节膨大，叶柄短，叶质厚，坚硬，宿存；它的核型仅具两类染色体，7对m型和4对sm型，缺乏st型和t型染色体。

类群 III，仅一种，硬阿魏，分布于甘肃至东北，生长于干旱和半干旱地区的沙地或沙质土壤，植株矮小，分枝呈伞房状，无侧生伞形花序，叶片蓝绿色，质厚耐旱；它的核型只有 6 对 m 型染色体。

类群 IV，是一个成员较多的类群，再分为两组。第一组以核型中富有 sm 型染色体为特征，如荒地阿魏 *F.syreitschikowii* K.－Pol.，只有 m 型染色体(7 对)和 sm 型染色体(4 对)，缺乏 st 和 t 型染色体。第二组成员绝大部分是近前胡亚属壮根组 Sect. Macrorrhiza Korov. 种类，以核型中含有较多 st 型染色体为特征，有的种类如麝香阿魏 *F.sumbul* (Kauffm.) Hook. f. 和铜山阿魏的核型中只有 m 型(7 对)和 st 型(4 对)染色体，缺乏 sm 和 t 型染色体。

类型 V，仅一种，是里海阿魏 *F.caspica* M. Bieb. 是比较典型的一类，花序十分特殊，与上面四类不同，伞形花序穿茎，除顶部中央花序为复伞形花序外，侧生伞形花序多为单伞形花序，成串轮生或对生，植物矮小，分枝呈圆锥状。它的核型却与类群I相同，也具有较高比例的 sm 类型染色体。

Table 2 OTUs and charaters used in cluster analysis

| No. | OTUs | N.m | N.sm | N.st | L/S | R.A.>2(%) | N.F. | AS.K(%) | A.A.R. | M.I. | A.L.A. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | *F.akitchkensis* | 7 | 3 | 1 | 1.38 | 27.27 | 21 | 64.31 | 1.69 | 0.62 | 5.74 |
| 2 | *F.bungeana* | 6 | 3 | 2 | 1.66 | 45.45 | 20 | 64.07 | 2.30 | 0.57 | 5.81 |
| 3 | *F.caspica* | 7 | 3 | 1 | 1.50 | 36.36 | 21 | 61.37 | 1.84 | 0.62 | 5.60 |
| 4 | *F.lapidosa* | 7 | 4 | 0 | 1.50 | 18.18 | 22 | 62.35 | 1.52 | 0.65 | 5.64 |
| 5 | *F.lehmannii* | 7 | 1 | 3 | 1.49 | 36.36 | 19 | 61.89 | 2.08 | 0.62 | 5.56 |
| 6 | *F.licentiana* | 7 | 1 | 3 | 1.57 | 36.36 | 19 | 63.10 | 2.30 | 0.58 | 5.77 |
| 7 | *F.licentiana* var. *tunshanica* | 7 | 0 | 4 | 1.37 | 36.36 | 18 | 63.86 | 2.37 | 0.56 | 5.82 |
| 8 | *F.sumbul* | 7 | 0 | 4 | 1.56 | 36.36 | 18 | 61.79 | 2.04 | 0.62 | 5.53 |
| 9 | *F.ovina* | 7 | 3 | 1 | 1.38 | 36.36 | 21 | 60.41 | 1.66 | 0.66 | 5.45 |
| 10 | *F.kirialovii* | 7 | 1 | 3 | 1.74 | 36.36 | 19 | 60.42 | 1.92 | 0.64 | 5.45 |
| 11 | *F.syreitschikowii* | 7 | 4 | 0 | 1.67 | 36.36 | 22 | 60.96 | 1.61 | 0.60 | 5.60 |

N.m: Number of chromosomes with median centromere;

N.sm: Number of chromosomes with submedian centromere;

N.st: Number of chromosomes with subterminal centromere;

L/S: Length of the longest chromosomes/length of the shortest chromosome:

R.A.>2 (%): The per cent of chromosome of arm ratio>2;

AS·K(%): The index of karyotypic asymmetry.

N.F.: Number fundamental;

A.A.R.: Average of arm ratio;

A.L.A.: Average of long arm;

两种分类的结果相比，以聚类分析更理想。单纯以染色体类型(m — sm — st — t)划分虽然简单明了，但是由于染色体类型的划分具有人为性和等级区域性，会导致那些实际差别不大却因为等级划分将它们的表观差距增大的赝象产生，从而影响到分类的客观真实性。如铜山阿魏与太行阿魏的分合，按染色体类型划分应分为两类，而以聚类分析应归为一类；如前所述，这两个种貌似差别较大，但实际上的差别并不大。因此，

聚类分析的结果较符合实际。另外，聚类分析中将按染色体类型划分的具有较多 st 类型的两个类群(IV 和 V，见 Table 1:A)合并成一类(第IV 类群)，也比较合理；因为这些种类大部分都是近前胡亚属成员，具有高比例的 st 类型染色体，与它们所在的亚属具有较高的分类地位是一致的。因此，我们认为以核型开展细胞分类学研究以聚类分析方法为最理想。

对于国产阿魏属 11 个种的核型在属内的进化程度，我们利用比较其核型对称性进行了度量(见图 2)。从图 2 可见，越靠近图的左下角的种类进化程度越低，越接近图的右上角的种类进化程度越高；山地阿魏、里海阿魏和多石阿魏的核型进化程度较低，硬阿魏的核型进化程度较高；也恰恰是这几种，在聚类分析中被分列成 4 个类群 (类群 I, II,III,V)。由此可见，以染色体性状开展的细胞分类学研究是以核型进化(程度)为基础的，聚类分析形成的分类基本上反映了该属核型进化程度。

依据核型获得的聚类分析结果打破了依据外部形态建立的经典分类中亚属(Korovin, 1947)的界线(见 Table 1:B)。如将 11 个种分成 5 类(见前)；将原来分属于巨茴亚属的荒地阿魏，梅威亚属 Subgen. *Merwia* (B. Fedtsch.) Krov. 的大果阿魏 *F. lehmannii* Boiss. 与近前胡亚属壮根组 Sect. Macrorrhiza Korov. 的成员(山蛇床阿魏 *F. kirilovii* Pimenov.，太行阿魏等)并为一类；而将近前胡亚属旱巨茴组 Sect. Xeronarthex Krov. 中的硬阿魏、多石阿魏和壮根组中的山地阿魏分别独立成 3 类；唯独保留了原分类系统中的近礼品芹亚属 Subgen. *Dorematoides* (Regel. et Schmalh.) Korov. 的里海阿魏为一类，该亚属的植物体形态与前述各亚属在花序特征上有着显著区别。因此，依据核型进行的细胞分类学研究，在亚属水平上反映了一定客观真实性，为该属种间亲缘关系的探讨和分类的修订提供了有价值的参考资料。

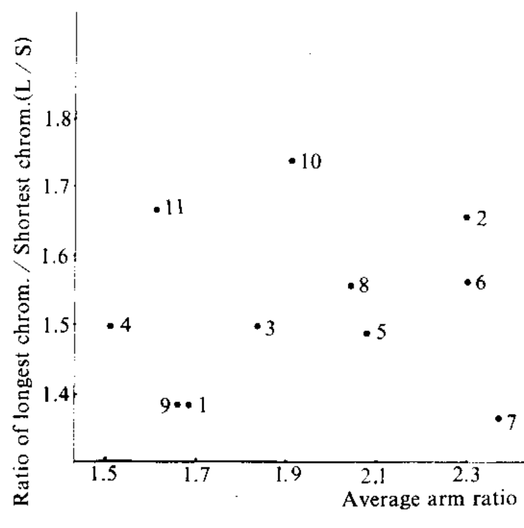



Fig.2 Scatter diagram of 11 species of *Ferula* based on the degree of karyotypic asymmetry

## 参 考 文 献


[1] 刘启新、单人骅 $ 佘孟兰，1987：中国东部和北部阿魏属(Ferula L.)种类的研究。中山植物园研究论文集，27 — 38。

[2] 沈观冕、热米力 $ 杨戈、徐朗然，1975：新疆药用阿魏的两个新种及其应用。植物分类学报，**13**(3):88 — 92。

[3] 李懋学、陈瑞阳，1985：关于植物核型分析的标准化问题。武汉植物学研究，**3**(4):297 — 302。

[4] 陈晓亚、刘启新，1989：中国阿魏属的黄酮体成分及其分类学意义。植物分类学报，**27** (3):184 — 189。

[5] 单人骅 $佘孟兰、秦慧贞、舒璞、潘泽惠、吴竹君，1981：川明参属的形态及分类系统位置的讨论。中山植物园研究论文集，1 — 8。

[6] 林琳、林寿全，1990:国产甘草属植物的核型研究。植物分类学报，**28** (6):452 — 460。

[7] 傅承新，洪德元，1990:浙江产 7 种菝葜的染色体研究。植物分类学报 ,**28** (3):211 — 222。

[8] 潘泽惠、秦慧贞，1981：伞形科植物染色体数目报告。植物分类学报，**19** (4):447 — 450。

[9] 潘泽惠、秦慧贞、吴竹君、 袁昌齐、刘守炉，1985：伞形科植物染色体数目报告。植物分类学报,**23** (2)：97— 102。

[10] Ahmed, Q. N., Britten E. J. and Byth D. E. 1983: A quantitative method of karyotypic analysis applied to the soybean, Glycine Max. *Cytologia* **48**: 879 — 892.

[11] Borisov, V. N., Pimenov, M. G. and Bankovskii, A. I. 1977: Distribution of some biological active compounds in the genus Ferula according to IR and UV spectroscopic and thin layer chromatographic data. *Rast. Resur.* **13** (2): 276 — 291.

[12] Korovin, Eug. 1947: Generis Ferula (Tourn.) L. Monographia Illustrata. Editio Academiae Scientiarum UZRSS, Taschkent.

[13] Levan, A., Fredga K. and Sandberg, A. A. 1964: Nomenclature for centrometic position on chromosomes. *Hereditas* **52**: 201 — 220.

[14] Soloviova, N. M., Vasilieva, M. G. Pimenov M. G. and Turkov, V. D. 1982: Karyosystematic study of the genus Ferula (Umbelliferae). *Бот.Жур*.**67** (9): 1228 — 1237.

[15] Safina, L. K. and Pimanov M. G. 1984: The Ferula Species of Kazakhastan, Scienca Kaz. ccp.

[16] Stebbins, G. L. 1971: Cytotaxonomy of the tribe Polygonatae. *Amer. J. Bot.* **43**: 134 — 142.

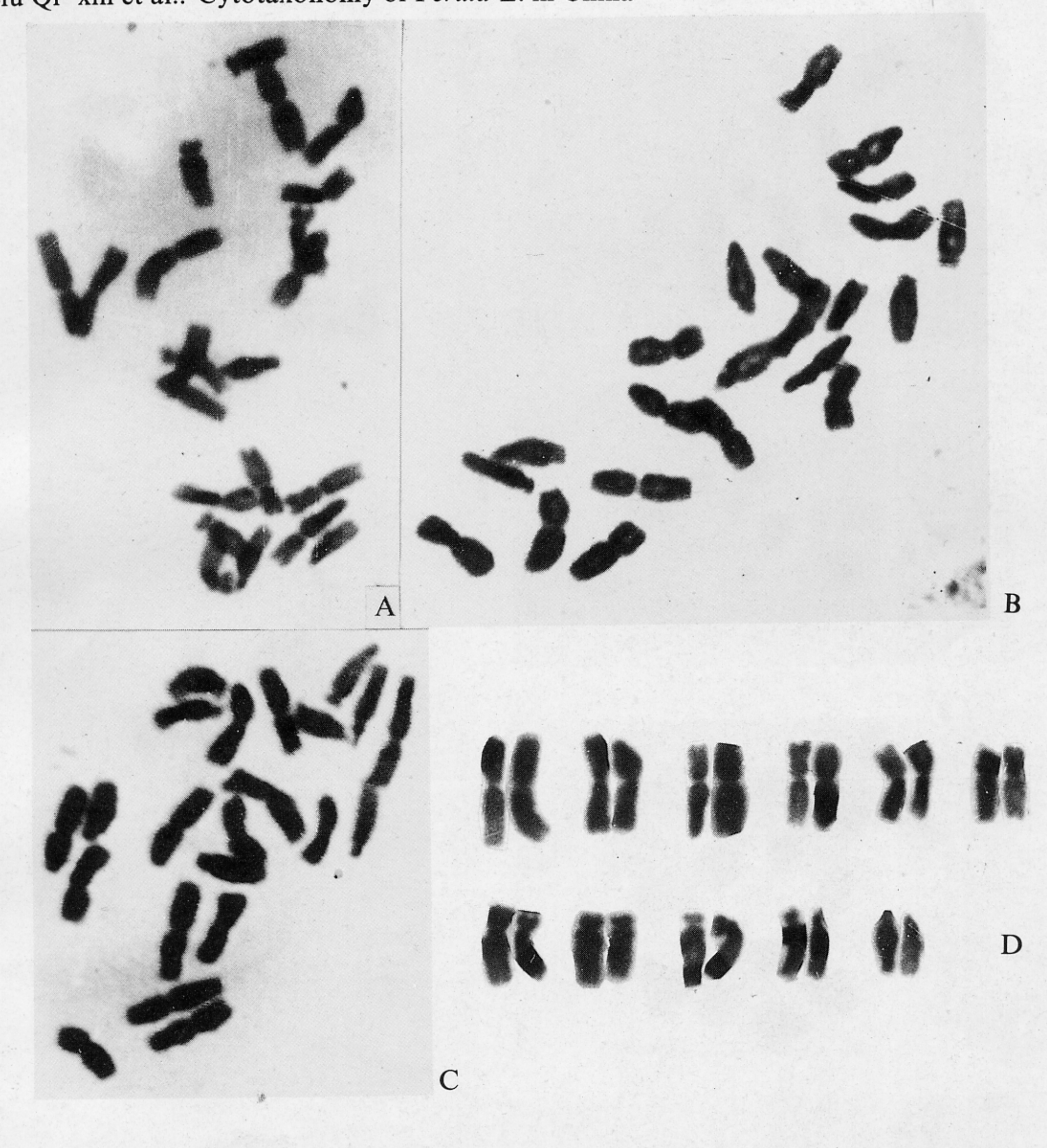
[17] Turkov, V. D., Shelerina, G. A. Pimenov M. G. and Tichomirov, V. N. 1978: The study of the karyotypes of some species of the genus Ferula L. (Apiaceae). *Бот.Жур*. **63**: 1212 — 1217.

## 图版 1 说明　Explaination of Plate 1

A, D. *Ferula bungeana*

B, E. *Ferula licentiana*. var. *tunshanica*

C, F. *Ferula liceniana* A — D. ×2500, E, F. ×3000




see explanation at the end of text